

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL UTILIZANDO O PRODUTO DO PROVISIONAL ACTUAL EVAPOTRANSPIRATION LEVEL 3 PARA A LAGOA DA CONCEIÇÃO – SC.

Gabriela Viviane Libioda¹ ; Patricia Kazue Uda² ; Priscilla Kern³

Abstract: Evapotranspiration is a natural process, responsible for the formation of precipitation events in the river basin. There are three definitions of evapotranspiration: potential (ET_o), reference (ET_r) and actual evapotranspiration (ET_a). Actual evapotranspiration is defined as the total water that is lost through evaporation and transpiration. Some remote sensing products such as MOD16A2 can be used to estimate evapotranspiration with algorithms involving water and energy balance. The Provisional Actual Evapotranspiration Level-3, presents a better spatial resolution, with 30 meters of resolution. The study was carried out in the Lagoa da Conceição basin, between 1999 and 2024, with Landsat images with 0% to 2% cloud cover, with a supervised survey and with a total of 402 images for sampling. The land use classes were analyzed separately for each image. The water body (LAGOA), the arboreal anthropogenic vegetation (VAA) and the dense rainforest (FOD) presented the highest averages of real daily evapotranspiration, respectively, in this order. The range of values of evapotranspiration in the forest, in the summer, is between 3.50 and 5.20 mm/d, while in the dune, it is between 1.50 and 3.00 mm/d. The seasonality is very noticeable both in the monthly graphs generated and in the analysis by season of the year, with the forest and arboreal vegetation presenting greater variation and in the urban areas and dunes, little variation. Based on these data, it's possible to support the management of local water resources, as well as the natural reservoir of Lagoa da Conceição.

Resumo: A evapotranspiração é um processo natural, sendo responsável pela formação de eventos de precipitação na bacia hidrográfica. Existem três definições de evapotranspiração, a potencial (ET_o), de referência (ET_r) e evapotranspiração real (ET_a). Evapotranspiração real é definida como o total de água que é perdida por evaporação e por transpiração. Alguns produtos do sensoriamento remoto como MOD16A2 podem ser usados para estimar evapotranspiração, juntamente com algoritmos que envolvem balanço hídrico e de energia. O *Provisional Actual Evapotranspiration Level-3*, apresenta uma melhor resolução espacial, com 30 metros de resolução. O estudo foi realizado na bacia da Lagoa da Conceição, entre 1999 a 2024, com imagens Landsat com 0% a 2% de cobertura de nuvens, com uma pesquisa supervisionada e com um total de 402 imagens para amostragem. As classes de uso do solo foram analisadas separadamente para cada imagem. O corpo hídrico (LAGOA), a vegetação antrópica arbórea (VAA) e a floresta ombrófila densa (FOD) apresentaram maiores médias de evapotranspiração real diária, respectivamente, nesta ordem. A faixa de valores da evapotranspiração da floresta, no verão, fica entre 3,50 e 5,20 mm/d, enquanto que na duna, fica entre 1,50 a 3,00 mm/d. A sazonalidade é bem marcante tanto nos gráficos mensais gerados quanto na análise por estação do ano, sendo que para a floresta e vegetações arbóreas apresentam maior variação e nas áreas urbanas e dunas, pouca variação. A partir destes dados é possível apoiar o gerenciamento dos recursos hídricos locais, assim como o reservatório natural da Lagoa da Conceição.

Palavras-Chave – evapotranspiração real, sensoriamento remoto, bacia costeira

¹) Afiliação: LAHIMAR - UFSC, gabriela.viviane@grad.ufsc.br

²) Afiliação: LAHIMAR - UFSC patricia.kazue@ufsc.br

³) Afiliação: LAHIMAR - UFSC priscilla.kern@gmail.com

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é um processo natural que devolve a água para a atmosfera, permitindo a formação de eventos de precipitação (Liu *et al.* 2022). Dados de evapotranspiração real são relevantes para o gerenciamento de recursos hídricos em relação à disponibilidade hídrica de uma bacia ou para avaliar o impacto hidrológico de medidas de manejo sustentável de águas pluviais urbanas (Hamel *et al.* 2015), etc. Dentre as definições de evapotranspiração, existem três tipos: evapotranspiração potencial (ET_p), evapotranspiração de referência (ET_r) e evapotranspiração real (ET_a). A ET_p representa evapotranspiração em uma situação ideal, sem déficit hídrico (Xiang *et al.* 2020, Liu *et al.* 2022) e pode ser estimada por métodos como balanço hídrico simplificado, Penman-Monteith, Priestley-Taylor, método de Camargo, usando dados meteorológicos locais (Pereira *et al.* 1997). A ET_r é a evapotranspiração de uma cultura, sem falta de água (FAO, 1998; Wiederstein, 2022). Já a Evapotranspiração real é definida como o total (real) de água que é perdida por evaporação e por transpiração (Courault *et al.* 2005; Sayler e Zanter, 2023; Petrakis *et al.* 2024) e pode ser estimada *in situ* por Eddy Covariance ou estimada por balanço de energia com dados de estações meteorológicas (Zhao, *et al.* 2013; Krajewski, 2020), etc. Já a medição direta de evapotranspiração real pode ser feita por tanques (e.g. Classe A) ou lisímetros (Pereira *et al.* 1997; Martí *et al.* 2010), e requerem equipamentos de maior precisão e maior custo, o que não é vantajoso para análises em escala regional (Martí *et al.* 2010; Krajewski *et al.* 2020). Todos os métodos citados possuem representatividade pontual, para o local de medição ou região da estação meteorológica, sendo limitados ao estudo direto da evapotranspiração em bacias hidrográficas.

Uma ferramenta que permite estimar a evapotranspiração espacial são as técnicas de sensoriamento remoto (Warrem, 2012). A obtenção de dados de evapotranspiração por satélites geralmente se diferencia entre duas possibilidades técnicas, uma escolhendo uma baixa resolução espacial em detrimento de uma melhor resolução temporal e outra escolhendo uma melhor resolução espacial e uma menor frequência temporal (Gowda, 2008; Warren, 2012). Alguns produtos do sensoriamento remoto fornecem imagens de evapotranspiração real, usando algoritmos que envolvem balanço hídrico e de energia, como o Balanço Hídrico de Evapotranspiração (EB – ET) e o SSEBop (*Operational Simplified Surface Energy Balance*), Equações de Penman-Monteith (Xiao, J. *et al.* 2024). GLEAM (*Global Land Evaporation Amsterdam Model*) é um modelo que possui resolução espacial de 0,1° (11km) e resolução temporal de 1 dia, o modelo GLASS (*Global Land Surface Satellite*), com 0,5° (50km) e 16 dias de revisita, MOD16A2 e MOD16A2GF 6.1 (*MODIS Global Evapotranspiration Project*), com resolução espacial global de 500 metros e temporal de 8 dias. *Provisional Actual Evapotranspiration Level-3*, por outro lado, apresenta uma melhor resolução espacial regional, com 30 metros, em uma periodicidade de 16 dias (Sayler e Zanter, 2023). Se baseia no modelo numérico SSEBop para calcular a evapotranspiração real dos satélites em missão Landsats 4-5 TM ao Landsat 9 TIRS, de 1982 até o presente (FAO, 2023; Sayler e Zanter, 2023).

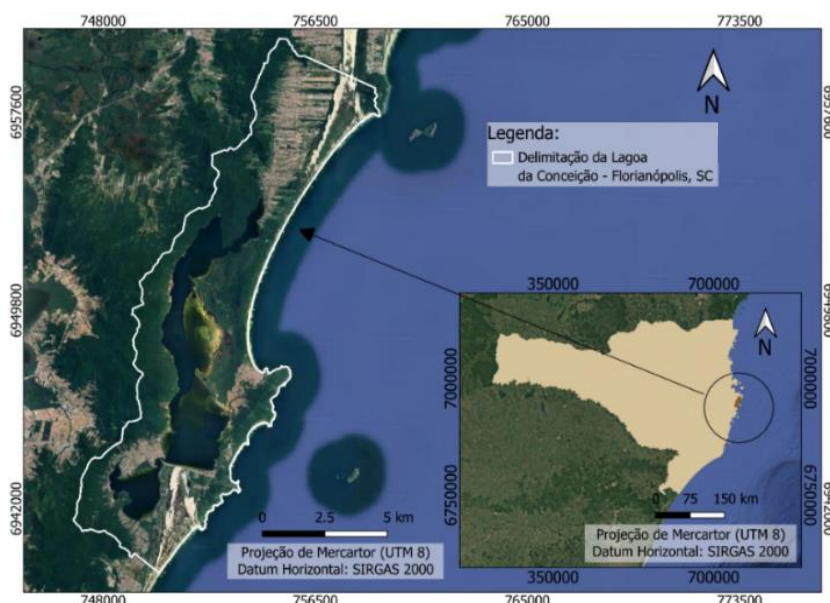
Gowda, (2008) e Ruhoff (2011) destacam que, para análise de bacias hidrográficas em escalas regionais, os sensores com maior resolução espacial são úteis, pois possibilitam maior detalhamento da superfície. A partir disto, esta pesquisa utilizou o produto *Provisional Actual Evapotranspiration Level-3*, de 1999 a 2024, para analisar a evapotranspiração real da bacia Lagoa da Conceição, em Florianópolis/SC, que é uma complexa bacia costeira, sob pressão antrópica há décadas, em clima de transição, onde a evapotranspiração real ainda é uma lacuna científica.

METODOLOGIA

Área de estudo

A Lagoa da Conceição possui uma área de drenagem de 78 km², sua localização fica no município de Florianópolis, no estado de Santa Catarina (Silva *et al.* 2017), com coordenadas 27°34'S e 48°27'O (Godoy, 2009). A região possui atividades turísticas e utiliza a água da lagoa tanto para recreação quanto para tratamento e abastecimento de água (Silva *et al.* 2017). O clima da região é predominantemente subtropical, classificado como *Cfa* dentro do sistema Köppen, “C” - clima subtropical úmido, “f” - clima influenciado pelo oceano sem estação seca e “a” - verão quente (Da Silva *et al.* 2014; Alvares *et al.* 2014). A temperatura da região tem máxima, de 25°C em média, variando em torno de 24°C a 26°C no verão e a mínima no inverno, com média de 16,5°C, com uma variação de 15°C a 18°C (Da Silva *et al.* 2014; De Oliveira e De Quadro, 2024). A temperatura média fica em torno de 20,8°C (Silva *et al.* 2023). Devido à maritimidade, a região recebe muita influência da maré (pela ligação com o mar pelo Canal da Barra, sendo assim uma laguna) e também das correntes de ventos causadas pelo deslocamento das massas de ar (Da Silva *et al.* 2014). Sendo assim, o nível e o volume da lagoa são influenciados pela maré e pelo índice de evapotranspiração (Martini *et al.* 2006). Segundo Buffon (2014), os sistemas de circulação atmosféricos predominantes são a Massa Tropical Atlântica (MTA) quente e úmida, e a Massa Polar Atlântica (MPA) fria e úmida, porém, outras massas de ar continentais podem chegar a influenciar a dinâmica hidrológica da lagoa e nas taxas de evapotranspiração ao longo do ano. No que se refere à vegetação, a região possui a floresta ombrófila densa dentre a vegetação de Mata Atlântica, vegetação de área urbana ou antropizada, manguezais e áreas de restinga na porção leste, e com presença de dunas (Da Silva *et al.* 2014).

Figura 1 – Localização da Lagoa da Conceição.



Materiais

A análise da evapotranspiração real na bacia da Lagoa da Conceição (delimitação em branco na Figura 1), que é o interesse desta pesquisa, considerou como dados de entrada as imagens Landsats escolhidas previamente no banco de dados Earth Explorer e posteriormente utilizando o

Provisional Actual Evapotranspiration Level-3, para o cálculo da média de evapotranspiração real por sua maior resolução espacial. Em relação às imagens de satélite, as dimensões envolvem uma área muito maior que a região da Lagoa da Conceição, com até 16 bits e cobertura de 170 km norte-sul e 183 km leste-oeste (USGS, 2024), essas dimensões resultam na intersecção de partes de imagens que não cobrem totalmente a área de pesquisa. Então foi necessário reduzir o polígono de pesquisa para selecionar as imagens que cobrem a região da Lagoa da Conceição. No momento da pesquisa não foi possível importar um arquivo em formato *shapefile* (.shp) de uma área fora dos Estados Unidos, por isso a delimitação foi feita diretamente adicionando coordenadas.

Análise da evapotranspiração

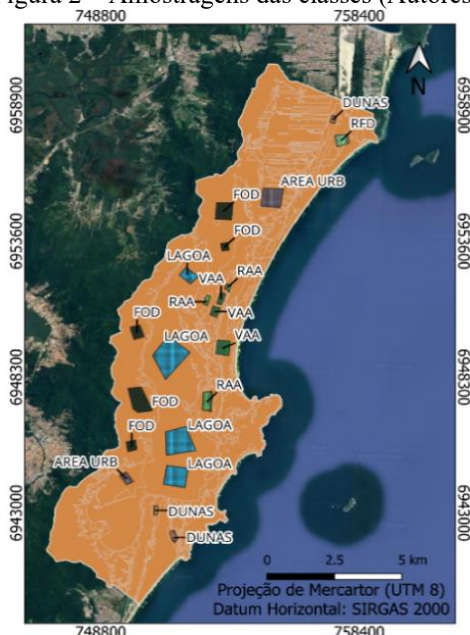
A região não possui muitas imagens disponíveis durante o verão por conta da alta nebulosidade local, consequência da característica climática da região, sendo uma das limitações das análises de evapotranspiração real por sensoriamento remoto (FAO, 2023). Ao utilizar os filtros de cobertura de nuvens, mesmo com uma porcentagem restritiva (em até 2%) eram disponibilizadas poucas imagens sem nuvens inclusive imagens com cerca de 50% de presença de nuvens. Para contornar esta dificuldade, foi realizada uma busca supervisionada apenas para encontrar imagens entre 0%-2% de nuvens na área de interesse, de 1999 a 2024. Com isso, foram utilizadas 402 imagens. Foi realizado o preenchimento dos possíveis pixels vazios no raster (imagem bitmap formada por pixels) por interpolação. Para analisar o comportamento da evapotranspiração real foram selecionadas algumas áreas de amostragem, mostradas na Figura 2 e classificada de acordo com a Tabela 1, baseadas na classificação de uso e ocupação do solo do IMA-SC, do ano de 2014, disponibilizados no Geoportal da Prefeitura Municipal de Florianópolis. Na escolha das áreas de amostragem, foram confrontados o uso e ocupação do solo atual com imagens de satélites históricas do Google Earth, evitando bordas entre as classes, sem expansão ou retração de área ao longo do período de 1999 a 2024. Dentro destas áreas foram criados pontos equidistantes entre si para que cada ponto extraísse o valor do respectivo pixel. A quantidade de pixels amostrados por classe está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 – Número de pixels utilizados para as estatísticas básicas por classe (Autores).

Classe (Código)	Pixels Amostrados
Lagoa da Conceição (LAGOA)	1048575
Floresta Ombrófila Densa (FOD)	684167
Restinga Arbustiva Arbórea (RAA)	173184
Vegetação Antrópica Arbórea (VAA)	225549
Restinga Fixadora de Dunas (RFD)	93357
Dunas (DUNAS)	82533
Área Urbana (AREAURB)	327426

A laguna é considerada como o corpo d'água da lagoa propriamente dita. A duna é considerada como solo arenoso exposto, sem vegetação, sendo a vegetação fixadora de dunas uma classe a parte. Área urbana é a área impermeabilizada. As demais classes se referem ao tipo de vegetação predominante na área de análise. A porção oeste da bacia, é predominantemente florestal e a porção leste predomina a vegetação arbórea e dunas.

Figura 2 – Amostragens das classes (Autores).



RESULTADOS

Inicialmente, foram feitas análises estatísticas considerando todos os pixels amostrados por classe, para conhecer o comportamento da evapotranspiração diária através da média, mediana (Med), mínima (Mín.), máxima, amplitude de variação (A), desvio padrão (σ) e o coeficiente de variação (CV), mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Tabela com a estatística descritiva da ETa por classe.

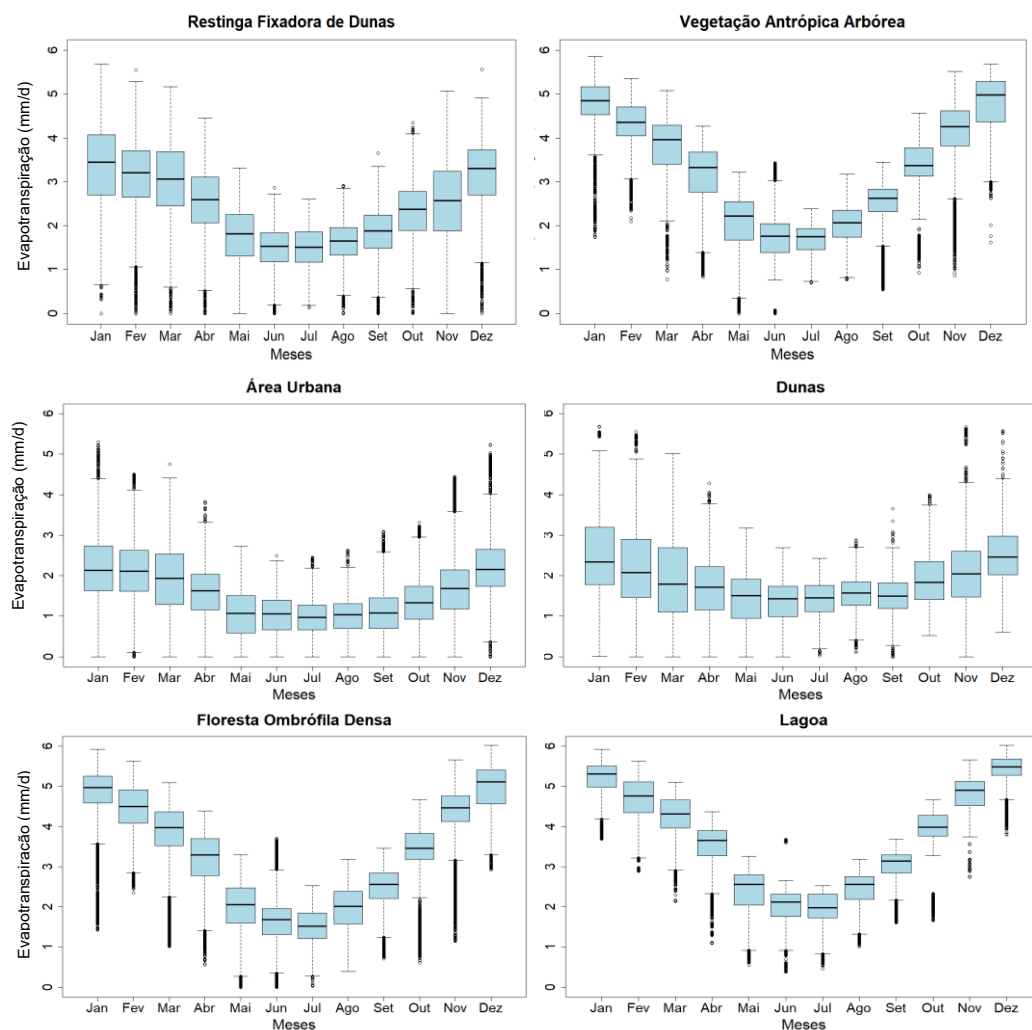
Classe	Nº Pixels	Média	Med.	Mín.	Máx.	A	σ	CV (%)
		(mm/d)						
Lagoa da Conceição	1048575	3,45	3,26	0,38	6,02	5,64	1,27	37
Floresta Ombrófila Densa	684167	2,96	2,74	0,00	6,02	3,28	1,33	45
Restinga Arbustiva Arbórea	173184	2,72	2,50	0,00	5,79	5,79	1,14	42
Vegetação Antrópica Arbórea	225549	2,97	2,73	0,00	5,86	5,86	1,24	42
Restinga Fixadora de Dunas	93357	2,22	2,08	0,00	5,68	5,68	1,06	48
Dunas	82533	1,75	1,67	0,00	5,68	5,68	0,83	47
Área Urbana	327426	1,43	1,35	0,00	5,30	5,30	0,80	56

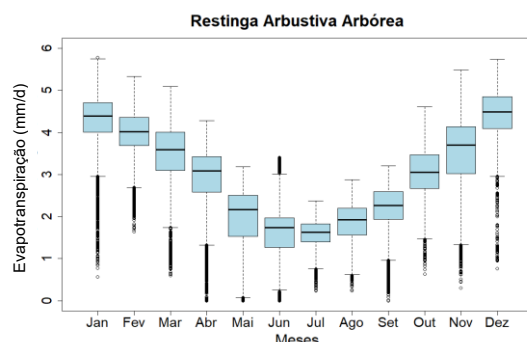
Pelos resultados mostrados na tabela, a laguna (corpo hídrico em si) possui uma média de evapotranspiração diária (3,45 mm/d) maior que todas as demais coberturas vegetais e de solo exposto. Um resultado dentro do esperado, assim como Pacheco *et al.* (2014) e Moraes *et al.* (2022), que chegaram em valores maiores de evapotranspiração para os corpos d'água em comparação com áreas de vegetação e solo exposto, em função da diferença do fluxo de calor latente entre estas classes e pela capacidade da água em converter a radiação em calor (aumento da formação de vapor d'água). floresta ombrófila densa (FOD) com 2,96 mm/d de evapotranspiração e das áreas de

vegetação antropizada arbórea (VAA) e restinga arbustiva arbórea (RAA), apresentaram média de 2,97 mm/d e 2,72 mm/d respectivamente. Dunas, solo arenoso, com média de 1,75 mm/d e área urbanizada, solo compactado e impermeabilizado, 1,43 mm/d.

Em uma segunda análise estatística, foram desenvolvidos gráficos em formato boxplot, para conhecer o comportamento da evapotranspiração real diária ao longo dos meses (Figura 3) e ao longo das estações do ano (Figura 4). A caixa representa o intervalo central de valores amostrais, indo do 1º quartil ao 3º quartil, valores abaixo de 25% de frequência e maiores de 75% são possíveis *outliers*. Ao longo dos meses observa-se uma ampla variabilidade sazonal nas classes da lagoa, floresta ombrófila densa (FOD), vegetação antropizada arbórea (VAA), restinga arbustiva arbórea (RAA) em relação às demais classes. Essa variabilidade está relacionada, principalmente pela dinâmica da radiação solar ao longo do ano, especialmente na redução de incidência de raios solares durante o inverno, que reduzem os valores de evapotranspiração. Em contraste, as classes de área urbana (AREAURB) e dunas (DUNAS) apresentam um comportamento homogêneo ao longo do ano, com baixa variabilidade sazonal de evapotranspiração, assim como observado por Pacheco *et al.* (2014).

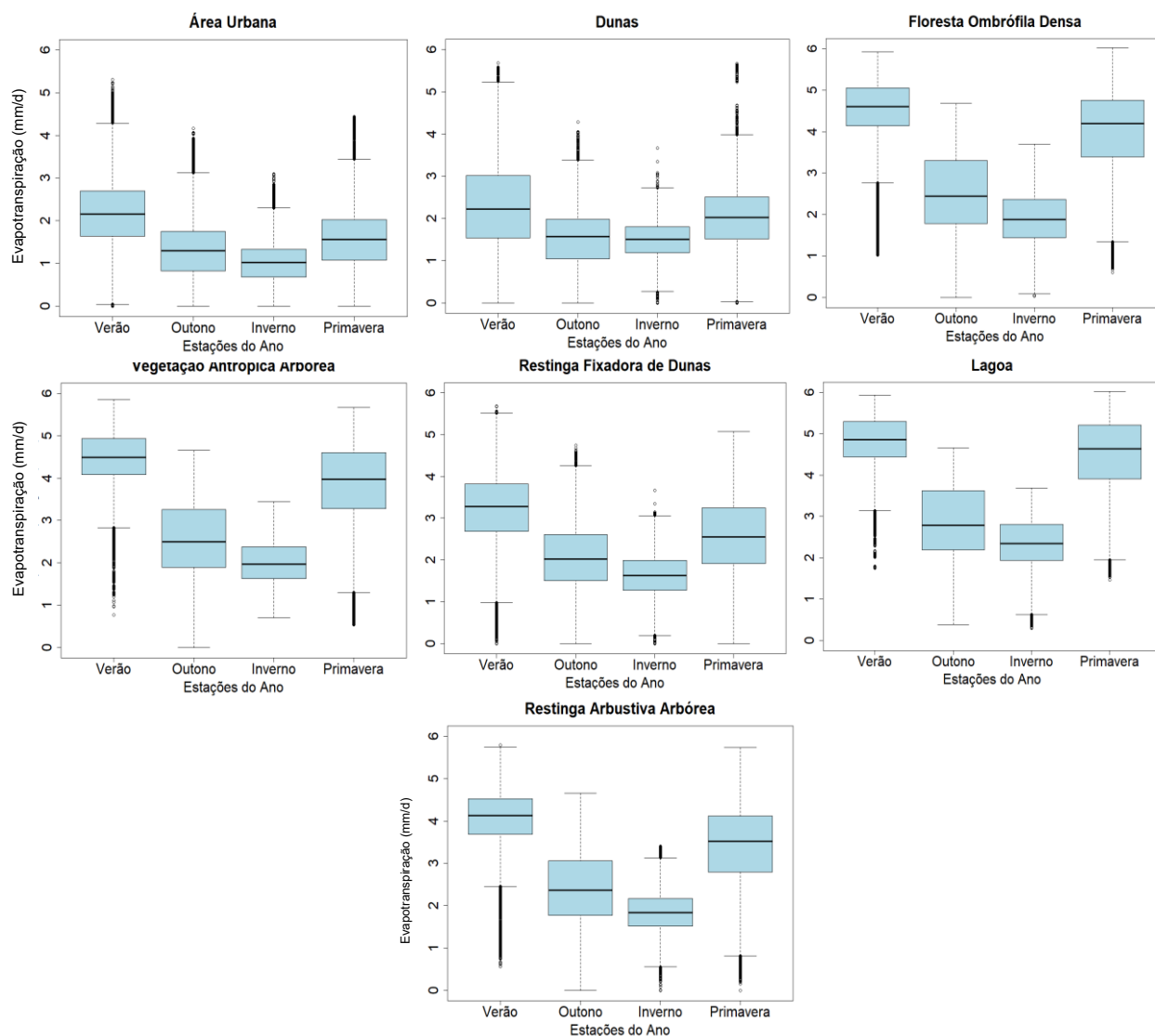
Figura 3 – Gráfico boxplot da ETa por meses do ano, para cada classe (Autores).





A separação dos dados por estação do ano evidencia diferenças importantes entre as classes quanto à variabilidade da evapotranspiração. Embora todas apresentem aumento nos valores durante o verão, resultado da maior incidência de radiação solar, a amplitude da variação sazonal não é homogênea entre elas.

Figura 4 – Gráfico boxplot da ETa diária, por estação do ano para cada classe (Autores).



As classes naturais, como lagoa, floresta ombrófila densa (FOD) e as formações vegetadas, como a vegetação antropizada arbórea (VAA), restinga arbustiva arbórea (RAA), e a restinga

fixadora de dunas (RFD), apresentam maior variabilidade entre o verão e o inverno, refletindo a influência dos solstícios e da dinâmica da radiação solar sobre o ciclo hidrológico. Percebe-se também o aumento da caixa no outono e primavera. Período de equinócio solar, porém com maior variabilidade climática, em relação aos ângulos de radiação solar, variações na temperatura, nos índices pluviométricos, pela maior movimentação das massas de ar e consequentemente, uma maior variação na taxa de evapotranspiração diária em comparação com o inverno e verão, onde a variação é menos perceptiva (Minuzzi *et al.* 2014; Borsato e Medonça, 2015). As classes área urbana e dunas também apresentam comportamento homogêneo ao longo das estações, com menor variação na evapotranspiração. Isso reflete as características físicas desses ambientes, como impermeabilização ou baixa retenção hídrica, que reduzem a sensibilidade às mudanças sazonais. A análise detalhada por estação, portanto, não apenas reforça a sazonalidade, mas também destaca as diferenças entre as classes. A proximidade dos valores médios da vegetação antrópica arbórea (VAA) em relação aos valores obtidos para a floresta (ambiente natural), revela a importância da vegetação na manutenção da hidrodinâmica da região.

CONCLUSÃO

A evapotranspiração real possui sazonalidade, isso é evidenciado pelos gráficos estatísticos. As classes referentes aos códigos LAGOA, VAA e FOD apresentam os maiores valores de evapotranspiração e os gráficos mostram que áreas urbanas e compactadas possuem baixa contribuição para a evapotranspiração na bacia, porém a vegetação florestal e o corpo hídrico da Lagoa da Conceição são as maiores contribuintes para o retorno da água para a atmosfera. Considerando que durante o ano todo apresenta característica úmida, as precipitações que ocorrem na área urbanizada e impermeabilizada apresentam baixa infiltração e baixa evapotranspiração, aumentando o volume de água acumulada quando ocorrem eventos de chuvas mais significativos. O resultado da evapotranspiração real da vegetação antropizada arbórea mostra que o plantio de árvores de médio porte colabora com a estabilidade da evapotranspiração típica da região, amenizando eventos extremos como secas e alagamentos locais. Os resultados aqui obtidos, devido à ampla série temporal, pela maior resolução espacial e pela metodologia supervisionada, resultaram em uma quantidade satisfatória de imagens para análise e podem auxiliar nos estudos sobre balanço hídrico na bacia da Lagoa da Conceição, sobre a hidrodinâmica do corpo lagunar, visto que fornece dados inéditos históricos de evapotranspiração real de diferentes coberturas do solo e do corpo hídrico.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. (2013). “Köppen’s climate classification map for Brasil”. Meteorologische Zeitschrift, 22, pp. 711–728.
- BASTIAANSEN et al. (1998). “A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). 1. Formulation”. Journal of Hydrology, 212–213, pp. 198-212.
- BERSATO, V. A.; MENDONÇA, F. A. (2015) “Participação da Massa Polar Atlântica na Dinâmica dos Sistemas Atmosféricos no Centro Sul do Brasil”. Mercator, 14(1), pp 113-130.
- BUFFON, E. A. M.; BINDA, A. L. (2014) “Sistema Atmosféricos e Índice de Conforto Térmico no Estado de Santa Catarina – Ensaio a partir do Verão 2011/2012”. Revista Brasileira de Geografia Física, 7(2), pp. 258-277.

- COURAULT, D.; SEGUIN, B.; OLIOSO, A. (2005). “Review on estimation of evapotranspiration from remote sensing data: From empirical to numerical modeling approaches”. Irrigation and Drainage Systems, 19, pp. 223-249.
- CUI, Y; JIA, L.; FAN, W. (2021) “Estimation of actual evapotranspiration and its components in an irrigated area by integrating the Shuttleworth-Wallace and surface temperature-vegetation index schemes using the particle swarm optimization algorithm”. Agricultural and Forest Meteorology, 307, 15p.
- DA SILVA, F. C. (2014). “Estimativa da Evapotranspiração na Bacia da Lagoa da Conceição”. Responsório Institucional UFSC, 100 p.
- DE OLIVEIRA, C. G.; DE QUADRO, M. F. L. (2024). “Regionalização da Precipitação e Temperatura em Santa Catarina com Dados de Alta Resolução Temporal e Espacial”. Revista Brasileira de Climatologia, 35(20), pp. 251–274
- FAO. (2023). “Remote sensing determination of evapotranspiration – Algorithms, strengths, weaknesses, uncertainty and best fit-for purpose”. Cairo, 162 p.
- GEOPORTAL (2024). Prefeitura Municipal de Florianópolis. Disponível em: <https://geoportal.pmf.sc.gov.br/>
- GODOY, F. B. (2009). “Modelagem Hidrológico-Hidrodinâmica da Lagoa da Conceição – SC”. Dissertação, 105 p.
- GOWDA, P. H. et al. (2008). “ET mapping for agricultural water management: Present status and challenges”. USDA-ARS / UNL Faculty. pp. 223-237.
- HAMEL, P. et al. (2015) “Automated Chamber System to Measure Field Evapotranspiration Rates”. Journal of Hydrologic Engineering, 20(2), 7 p.
- KRAJEWSKI, W. F.; HA, W.S.; DIAK, G.R. (2020) “Estimating Near Real-Time Hourly Evapotranspiration Using Numerical Weather Prediction Model Output and GOES Remote Sensing Data in Iowa”. Remote Sensing, MDPI, 12, 25 p.
- LIU, J. et al. (2022). “Estimation of Potential Evapotranspiration in the Yellow River Basin Using Machine Learning Models”. Atmosphere, MDPI, 13, 17 p.
- LIU, Y. et al (2022). “The divergence between potential and actual evapotranspiration: An insight form climate, water, and vegetation change”. Science of the Total Environment, 807, 17 p.
- MANZANO, J.; MARTÍ, P.; ROYUELA, A. (2011). “Assessment of a 4-input artificial neural network for ETo estimation through data set scanning procedures”. Irrigation Science, 29(3), pp.181-195.
- MARTINI, L. C. P. et al. (2006) “Uso de sensoriamento remoto orbital para avaliação da distribuição espacial de Clorofila-a na Lagoa da Conceição - Florianópolis, SC”. Artigos técnicos, Eng. Sanitária e Ambiental, SciELO, 11, pp. 318-324.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. (1998). “Evapotranspiração da Cultura do Milho. II - Relações com a Evaporação do Tanque Classe “A”, com a Evapotranspiração de Referência e com a Radiação Solar Global, em Três Épocas de Semeadura”. Revista Brasileira de Agrometeorologia, 6. pp 15-21.
- MINUZZI, R. B.; LOPEZ, F.Z. (2014). “Variabilidade de índices de chuva nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul”. Bioscience Journal, 30(3), pp. 697-706.

- MORAIS, A. A. L. et al. (2022). "Evapotranspiração Instantânea e Sua Relação com Temperatura de Superfície, Índice de Vegetação e Tipos de Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí-Vacacaí Mirim – Pampa Brasileiro". Revista Brasileira de Climatologia, 30, pp. 573 – 590.
- PACHECO, A.P. et al. (2014) "Análise espaço temporal da evapotranspiração na área de preservação ambiental da Ilha de Santa Rita, Alagoas, Brasil". Revista Árvore, 38(3) pp.453-460.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. (1997). *Evapo(transpi)ração*. FEALQ, 183 p.
- PETRASKI, R. E. et al. (2024). "An Ensemble Mean Method for Remote Sensing of Actual Evapotranspiration to Estimate Water Budget Response across a Restoration Landscape". Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 16, 35 p.
- PONZONI, F.J., SHIMABUKURO, Y.E.; KUPLICH, T.M. (2015). *Sensoriamento remoto da vegetação*. Oficina de Textos, São Paulo, 2ed. 48p.
- RUHOFF, A. L. (2011). "Sensoriamento Remoto Aplicado à Estimativa da Evapotranspiração em Biomas Tropicais". UFRGS, 4, 162 p.
- RUNNING, S.W. et al. (2019). "User's Guide MODIS Global Terrestrial Evapotranspiration (ET) Product". MODIS Land Team - USGS, U.S. Department of the Interior, 40 p.
- SAYLER K., ZANTER, K. (2023) "Landsat 4-9 Collection 2 Level-3 Provisional Actual Evapotranspiration Product Guide". Department of the Interior U.S. Geological Survey, EROS, 4, 25 p.
- SENAY, G.B. (2018). "Satellite psychrometric formulation of the operational Simplified Surface Energy Balance (SSEBop) Model for quantifying and mapping Evapotranspiration". American Society of Agricultural and Biological Engineers, 34(3), pp. 555-566.
- SILVA, V. C. et al (2023). "Análise da temperatura de Florianópolis (SC) utilizando uma abordagem GAMLSS". 66ª Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria - RBras, Florianópolis, 12, pp. 129-138.
- SILVA, V. E. C. et al. (2017). "Estimativa de aporte fluvial na Lagoa da Conceição, Florianópolis – SC – comparação dos métodos de medição de vazão do flutuador e Flowmeter". Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis - SC, Nov. de 2017.
- U.S. Geological Survey (2024). "Landsat Collection 2 Provisional Actual Evapotranspiration Science Product". Landsat Missions. U.S. Department of the Interior.
- XIANG, K., LI, Y., HORTON, R., FENG, H. (2020). "Similarity and difference of potential evapotranspiration and refence crop evapotranspiration – a review". Agricultural Water Management.
- WARREN, M. S. (2013). "Desagregação Espacial de Estimativas de Evapotranspiração Real Obtidas a Partir do Sensor MODIS". Revista Brasileira de Meteorologia, 28(2), pp 153-162.
- WIEDERSTEIN, T. et al. (2022). "Evaluating spatial and temporal variations in sub-field level crop water demands". Frontiers in Agronomy, 4, 17 p.
- ZHAO L. et al. (2013). "Evapotranspiration estimation methods in hydrological models". Journal of Geographical Sciences, 23, pp. 359-369.